

DECLARATION LOGICIEL

N° dossier Interne :

Gestionnaire :

Ayants-droits / références :

Réservé à OUEST VALORISATION

① Cette déclaration doit être établie pour tout développement logiciel quelles que soient les circonstances et les conditions de protection conformément au code de la propriété intellectuelle et notamment aux articles L. 111-1, L. 112-2, L. 113-9, L. 121-7, L. 122-6, L. 131-4, accessibles gratuitement via le service Legifrance : www.legifrance.gouv.fr

Une copie sera transmise par OUEST VALORISATION aux tutelles de(s) unité(s) de recherche concernée(s).

② Ce document est composé de trois parties :

PARTIE A : Contexte de développement du logiciel

PARTIE B : Description du logiciel

PARTIE C : Perspectives d'applications

③ Cette déclaration logiciel signée est le **pré-requis pour l'instruction de tout projet de valorisation** auprès de votre établissement. Ce document pourra être établi avec l'aide de OUEST VALORISATION.

④ **Vous certifiez sur l'honneur l'exactitude de cette déclaration et des documents joints. Vous vous engagez à signaler tous changements modifiant cette déclaration et à en informer le (les) Directeur(s) du(des) Laboratoire(s)** (cf. Annexe1 pour formaliser les échanges).

⑤ Une fois signé et paraphé par l'ensemble des inventeurs identifiés, ce document doit être adressé à votre correspondant de OUEST VALORISATION et/ou à l'adresse ci-dessous :

OUEST VALORISATION

Pôle Propriété Intellectuelle

14 C rue du Pâtis Tatelin

METROPOLIS 2

35700 RENNES

T : 02 99 87 56 10 / 02 99 87 56 01 (standard)

M : pi@ouest-valorisation.fr

PARTIE A → CONTEXTE DE DEVELOPPEMENT DU LOGICIEL

A.1) INTITULE DU LOGICIEL

PyDBS

A.4) ORIGINES DU DEVELOPPEMENT

Recherche propre (y compris thèse, master, stagiaire), précisez le cadre: ...

☒ Contrat de recherche.

Si oui, lequel :

- ☐ Contrat de collaboration, CIFRE
- ☐ Contrat européen
- ☒ Projet ANR, Région, FUI, ...
- ☐ Contrat d'aide à l'innovation (OSEO)
- ☐ Mise à disposition de code
- ☐ Autres types (ANRT, AFM, ARC, EMBO, LIGUE, MENRT, PREDIT,...) :

Préciser le nom du projet et/ou les partenaires impliqués (préciser le nom de l'ensemble des auteurs associés, académiques et industriels, au développement) :

Projet ANR Acoustic (Aide à la planification chirurgicale en stimulation cérébrale profonde fondée sur l'utilisation de modèles)

Les participants du projet sont :

- LTSI UMR 1099 INSERM-Université de Rennes 1, Equipe Medicis
- CRICM (Centre de Recherche de l'Institut du Cerveau et de la Moelle) - UPCM/INSERM UMR S975/CNRS UMR 7225 Hôpital de la Pitié-Salpêtrière Paris
- Université de Strasbourg - Equipe IGG du laboratoire Icube
- INRIA - Equipes Shacra Lille et VR4I Rennes

A.4) TABLEAU DES AUTEURS

Est auteur toute personne, chercheur, ingénieur, technicien, ayant directement contribué à l'élaboration du logiciel (spécifications détaillées, architecture, développement) par un apport identifiable et original. Cette désignation se fait de façon objective, indépendamment de toute autre considération, qu'elle soit honorifique, de préséance, hiérarchique ou financière. Ne pas confondre co-auteur d'un logiciel et co-auteur d'une publication scientifique.

Nom	Prénom	Nationalité	Statut au moment du développement	Coordonnées des auteurs	Contribution auteurs (3)	Signature ⁽⁴⁾
D'Albis	Tiziano	Italienne	Organisme employeur ⁽¹⁾ : Université Rennes 1 Affectation : LTSI (Equipe Medicis) Grade : Ingénieur	Adresse personnelle ⁽²⁾ : chez M. Catros 1, rue Loménie Brienne 31000 Toulouse Téléphone : 0618502240 Courriel : tiziano.dalbis@gmail.com N° de sécurité sociale : 184129962791413	70 %	
Employeur actuel Organisme employeur : Humboldt Universität zu Berlin		Contribution de l'auteur au développement (succinctement) : Développement de la majeure partie de pyDBS (pipelines inclusion, post-op, pre-op et base de données) Développement réalisé dans le cadre de vos fonctions ou d'après instruction hiérarchique <input checked="" type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non ⁽⁵⁾				

(1) Merci de vous référer à votre bulletin de salaire.

(2) Indiquer une adresse « stable », notamment pour les personnels non-statutaires (ex : adresse des parents)

(3) Pourcentage de contribution au développement (Information obligatoire pour les auteurs académiques)

(4) Faire signer au minimum l'ensemble des auteurs académiques (incluant stagiaires, ...).

(5) **Article L. 113.9 CPI : « Sauf disposition statutaire ou stipulation contraires, les droits patrimoniaux sur les logiciels et leur documentation créés par un ou plusieurs employés dans l'exercice de leurs fonctions ou d'après les instructions de leur employeur sont dévolus à l'employeur qui est seul habilité à les exercer. »**

Nom	Prénom	Nationalité	Statut au moment du développement	Coordonnées des inventeurs	Contribution inventive ⁽³⁾	Signature ⁽⁴⁾
Lalys	Florent	Française	Organisme employeur ⁽¹⁾ : Université Rennes 1 Affectation : LTSI (Equipe Medicis) Grade : Post-doctorant	Adresse personnelle ⁽²⁾ : 47, square Colonel Rémy 35700 Rennes Téléphone : 0299362048 Courriel : flo.lalys@hotmail.fr N° sécurité sociale : 185075626007293	10 %	
Employeur actuel Organisme employeur : University of Texas Health Science Center at Houston		Contribution de l'auteur au développement (succinctement) : Développement des méthodes de construction d'atlas anatomo-cliniques et du calcul de courbure d'électrode Développement réalisé dans le cadre de vos fonctions ou d'après instruction hiérarchique <input checked="" type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non ⁽⁵⁾				

Nom	Prénom	Nationalité	Statut au moment du développement	Coordonnées des inventeurs	Contribution inventive ⁽³⁾	Signature ⁽⁴⁾
Laheurte	Grégory	Française	Organisme employeur ⁽¹⁾ : Université Rennes 1 Affectation : LTSI (Equipe Medicis) Grade : Ingénieur	Adresse personnelle ⁽²⁾ : 58, rue de Dinan 35000 Rennes Téléphone : 0644844382 Courriel : gregory.laheurte@univ-rennes1.fr N° de sécurité sociale : 184065439528786	10 %	
Employeur actuel Organisme employeur : Université Rennes 1 Affectation : LTSI (Equipe Medicis)		Contribution de l'auteur au développement (succinctement) : Développement de l'IHM, de la base de données, de la construction d'atlas anatomo-cliniques, du calcul de la courbure d'électrode Développement réalisé dans le cadre de vos fonctions ou d'après instruction hiérarchique <input checked="" type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non ⁽⁵⁾				
Jannin	Pierre	Française	Organisme employeur ⁽¹⁾ : INSERM Affectation : LTSI (Equipe Medicis) Grade : Chercheur	Adresse personnelle ⁽²⁾ : 4, rue de Bonne Nouvelle 35000 Rennes Téléphone : 0650318519 Courriel : pierre.jannin@univ-rennes1.fr N° sécurité sociale : 0163043523836817	10 %	
Employeur actuel Organisme employeur : INSERM Affectation : LTSI (Equipe Medicis)		Contribution de l'auteur au développement (succinctement) : Spécifications techniques Développement réalisé dans le cadre de vos fonctions ou d'après instruction hiérarchique <input checked="" type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non ⁽⁵⁾				

PARTIE B → DESCRIPTION DU LOGICIEL

B.1) Quel est le problème technique que propose de résoudre votre logiciel ?

Le logiciel aide le neurochirurgien à la prise de décision lors de la planification de l'implantation d'électrodes en stimulation cérébrale profonde. Le modèle patient-spécifique produit par PyDBS permet au chirurgien de visualiser les zones du cerveau du patient à éviter lors de l'implantation et de visualiser la trajectoire de l'électrode. En utilisation post-opératoire, le logiciel permet également de déterminer le site d'implantation optimale des contacts des électrodes et de calculer le volume stimulé.

B.2) Quelles sont les fonctionnalités du logiciel ?

PyDBS permet de réaliser la segmentation des structures anatomiques suivantes : la peau, les sillons, la matière grise, la matière blanche, les ventricules, le ganglion de la base, le crâne.

Le logiciel assure également la détection du cadre stéréotaxique et des contacts des électrodes.

La segmentation est obtenue à partir des images IRM et CT d'un patient donné et grâce à un atlas anatomique. Toutes les images du patient et les maillages des structures anatomiques sont recalés dans un même espace de référence. Toutes ces données constituent un modèle spécifique à chaque patient. En visualisant le modèle 3D du patient, le neurochirurgien peut facilement voir les structures anatomiques du cerveau à éviter pour implanter les électrodes. Le logiciel permet au chirurgien de visualiser la trajectoire d'implantation de l'électrode en fonction de coordonnées exprimées dans le repère du cadre stéréotaxique.

PyDBS permet également de réaliser des études post-opératoires en construisant des atlas anatomo-cliniques. Ces derniers mettent en évidence le site d'implantation optimal du contact de l'électrode. Le logiciel permet également de calculer le volume impacté lors de la stimulation. Le logiciel calcule la courbure moyenne des électrodes implantées, ce qui permet de connaître la déformations des structures cérébrales occasionnées par le brainshift.

Fournir en annexe une description détaillée (mémoire technique) :

Mots clefs (10 mots clefs maximum en français et en anglais):

Stimulation cérébrale profonde, Neurochirurgie, Aide à la prise de décision, Implantation d'électrodes, Atlas anatomo-clinique, Planification, Traitement d'images, Recalage, Segmentation, Modèles génériques et spécifiques, Deep brain stimulation, Neurosurgery, Decision-making support, Electrodes implantation, Anatomo-clinical atlases, Planning, Image processing, Registration, Segmentation, Patient-specific and generic models

B.3) Y a-t-il, à votre connaissance, des solutions logiciel préexistantes, analogues (état de l'art) ?

Stealth Medtronic - CranialVault

B.4) Comment définissez-vous le logiciel ?

- ☒ Implémentation d'une solution nouvelle dans la communauté
- ☒ Amélioration de solutions existantes (performances accrues, nouvel algorithme, nouveau langage)
- ☒ Boîte à outils (ensemble de ressources logiciel ex: bibliothèque de calculs, bibliothèque graphique)

B.5) Le logiciel a-t-il fait l'objet de communications écrites ou orales, de publications, présentations aussi bien internes qu'externes au laboratoire? (revues scientifiques ou de vulgarisation, journaux, Internet, réunion avec des personnes externes au laboratoire sans accords de confidentialité, thèse, demande de brevet etc..)

☐ Oui ☒ Non

Si oui, préciser l'intitulé et la date de la publication : joindre une copie de la communication (poster, publiée, compte-rendu de réunion etc...)

B.6) Etat d'avancement des travaux et réalisations pratiques :

- ☐ Logiciel de démonstration de concept
- ☒ Logiciel diffusable à un partenaire (prototype, code commenté)
- ☐ Logiciel pré industriel (norme de codage, démarche qualité)

B.7) Les résultats de ces expérimentations ont-ils été rédigés sur un cahier de laboratoires ?

☐ Oui ☒ Non

Si oui, préciser le numéro du cahier et la ou les pages concernées:

B.8) Le logiciel est-il ou a-t-il été diffusé (à des tiers, sites Web, forges logicielles et communautés, ...)

☒ Oui ☐ Non

Si oui, préciser le mode de diffusion:

Il est diffusé à l'ensemble des partenaires du projet Acoustic via le dépôt SourceSup Renater.

B.9) Le logiciel inclut-il ou nécessite-t-il tout ou partie de logiciel ou bibliothèque existante?

☒ Oui ☐ Non

Si oui, préciser:

Nom	Licence
Python	BSD
PyQt	GNU GPL
Qt	GNU LGPL
VTK	BSD
SQLite	Domaine public
Flirt de FSL	Licence de FSL
ANTS	BSD
SimpleITK	Apache 2.0
ITK	Apache 2.0
Nibabel	MIT
dcm2nii	BSD
3D Slicer	BSD
numpy	BSD
CTK	Apache 2.0
cherrypy	BSD
gzip	GNU GPLv3
ipython	BSD
subversion	Apache/BSD
nipy	BSD
ITK-SNAP	GNU GPL
Brainvisa	Cecill
Ipython	BSD
Mricron	BSD
DcmTk	BSD
XTK	MIT
PyInstaller	GNU GPL

B.10) Quelles sont les spécifications techniques de votre logiciel?

Version du logiciel : 1.0

Date de la version : 10/10/2013

Type d'œuvre (définition en point 7 de l'annexe 2): ☐ Œuvre première ☒ Œuvre composée ☐ Œuvre dérivée

L'œuvre est : ☒ Logiciel (code source) ☐ Logiciel (code objet) ☒ Base de données
☐ Autre, précisez :

Classe produit (1 seule, Cf. Annexe 2)
 (Cf. Annexe 2 code ISO) : 10000 et 31230

Nationalité de l'œuvre : française

Langage de programmation : Python

Outils de développement : Eclipse, Subversion

Clé logique / moyen cryptographique ☐ Oui ☒ Non

Type de supports fournis (3 exemplaires identiques obligatoires) : 3 CDs

PARTIE C → PERSPECTIVES D'APPLICATIONS

C.1) Quelles applications ont été envisagées lors du développement de votre logiciel ?

Aider le neurochirurgien à la prise de décision lors du planning de l'implantation d'électrodes. Réaliser des études post-opératoires. Les atlas anatomo-cliniques produits par PyDBS permettent de déterminer le site optimal d'implantation.

Quelles sont les avantages, inconvénients / limites de votre logiciel pour ces applications ?

Ce logiciel propose un modèle spécifique à chaque patient en 3 dimensions, ce qui permet au neurochirurgien de bien visualiser les structures anatomiques du cerveau à éviter. Un module permet au chirurgien d'afficher et de modifier la trajectoire en fonction des coordonnées exprimées dans le repère du cadre stéréotaxique dans le logiciel 3D Slicer. Le pipeline pré-op est exécuté en peu de temps (7 min), ce qui est un temps acceptable pour le chirurgien et le patient .

Autres applications potentielles :

C.2) Quelle est la prochaine étape que vous envisagez pour la maturation de votre logiciel ?

- ☒ Faire un prototype
- ☐ Développer une version pré industrielle
- ☐ Autre développement : ...

Pouvez-vous estimer le temps et les moyens humains et matériels nécessaires à la réalisation de cette étape?

- ☒ Inférieur à 6 mois
- ☐ Entre 6 et 12 mois
- ☐ Entre 12 et 18 mois
- ☐ Entre 18 et 24 mois

Moyens humains envisagés

Continuité du projet ANR

Moyens matériels envisagés

C.3) Quels sont vos partenaires susceptibles d'être intéressés par votre logiciel ?

Partenaire	Contact	Signature d'un accord de secret
CHU Neurochirurgie	<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non
	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non

C.4) Connaissez-vous d'autres entreprises positionnées sur le même secteur d'activité ?

Medtronic SNT, entreprises de fabrication d'électrodes SCP

C.5) Envisagez-vous la création d'une entreprise afin d'exploiter ce logiciel?

☐ Oui ☒ Non

La valorisation des résultats de la recherche implique une participation active des auteurs et conjointe avec les services de valorisation.

Annexe 1 Information au(x) Directeur(s) du(des) Laboratoire(s)

Information au Directeur du Laboratoire	
Le logiciel est-il dans les thématiques de recherche du Laboratoire <input checked="" type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	Nom du Laboratoire LTSI, UMR 1099, Inserm - Université de Rennes 1
	Commentaire Directeur du Laboratoire :

Information au Directeur du Laboratoire	
Le logiciel est-il dans les thématiques de recherche du Laboratoire <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	Nom du Laboratoire
	Commentaire Directeur du Laboratoire :

Information au Directeur du Laboratoire	
Le logiciel est-il dans les thématiques de recherche du Laboratoire <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	Nom du Laboratoire
	Commentaire Directeur du Laboratoire :

Information au Directeur du Laboratoire	
Le logiciel est-il dans les thématiques de recherche du Laboratoire <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	Nom du Laboratoire
	Commentaire Directeur du Laboratoire :

DEMANDE DE DÉPÔT SIMPLE ENREGISTREMENT AU RÉPERTOIRE IDDN



Annexe 2 - CODIFICATION IDDN

(1) IDDN

Inter Deposit Digital Number

(2) Nationalité de l'œuvre

En fonction de la codification alpha-2 ISO

Allemagne = DE

Autriche = AT

Belgique = BE

Canada = CA

Danemark = DK

Espagne = ES

Etats-Unis = US

Finlande = FI

France = FR

Grèce = GR

Guadeloupe = GP

Hongrie = HU

Irlande = IE

Italie = IT

Japon = JP

Luxembourg = LU

Madagascar = MG

Maroc = MA

Martinique = MQ

Monaco = MC

Norvège = NO

Pays-Bas = NL

Portugal = PT

République Tchèque = CZ

Réunion = RE

Russie = RU

Royaume Uni = GB

Slovaquie = SK

Suède = SE

Suisse = CH

Tunisie = TN

(3) Organisme de dépôt

APP Paris = 001

APP Genève = 002

IDDN Genève = 010

(4) Numéro d'ordre

Numéro chronologique attribué par l'organisme d'enregistrement

(5) Numéro de version

(00 pour inscription initiale)

(6) Type d'inscription

R : Référencement

L'unique exemplaire de l'œuvre est placé dans une logibox conservée par le titulaire de droits.

Ce type d'enregistrement permet de bénéficier de la procédure de duplication mais ne permet de bénéficier de la procédure contractuelle d'accès aux éléments déposés.

D : Dépôt de diffusion

Deux exemplaires de l'œuvre, telle qu'elle est diffusée au public, sont placés dans deux logibox dont l'une est conservée par l'APP et l'autre remise au titulaire de droits. *Ce type d'enregistrement permet de bénéficier de la procédure de duplication mais ne permet de*

bénéficier de la procédure contractuelle d'accès aux éléments déposés.

S : Dépôt de sources

Deux exemplaires de l'œuvre, dans sa version non destinée à être diffusée au public, sont placés dans deux logibox dont l'une est conservée par l'APP et l'autre remise au titulaire de droits. *Ce type d'enregistrement permet de bénéficier de la procédure de duplication et de la procédure d'accès aux éléments déposés (aux sources) sous réserve d'un accord contractuel.*

C : Dépôt contrôlé

C'est une modalité particulière du dépôt simple dans laquelle le contenu du dépôt fait l'objet d'une vérification par l'APP. *Ce type d'enregistrement permet de bénéficier de la procédure de duplication et de la procédure d'accès aux éléments déposés (aux sources) sous réserve d'un accord contractuel.*

(7) Type d'œuvre

P : Œuvre première

C'est une œuvre que vous avez intégralement développée.

C : Œuvre composée

C'est une œuvre qui incorpore tout ou partie d'une œuvre préexistante. Si les éléments incorporés appartiennent à un tiers, il convient de vous assurer que vous disposez du droit de les intégrer à votre œuvre.

A : Œuvre dérivée

C'est une adaptation d'une œuvre préexistante (par exemple, une version d'un programme développée pour un client spécifique, le portage d'un logiciel d'un environnement à un autre). Si l'œuvre préexistante appartient à un tiers, il convient de vous assurer que vous disposez du droit de l'adapter.

(8) Année de première inscription

(9) Contrôle d'intégrité

Zone réservée

(10) Classes de produits

10000 LOGICIEL – SYSTEME

10100 Systèmes d'exploitation

10200 Transmission de données

10300 Bases de données (SGBD)

10400 Langage de programmation

10500 Langage adapté à l'utilisateur final

10600 Assistance pour le développement

10700 Gestion d'exploitation de système

10800 Utilitaire

20000 APPLICATION UNIVERSELLE

20100 Planification / Gestion

20200 Comptabilité

20300 Personnel / salaires

20400 Ventes / Inventaire

20500 Production

20600 Conception / Etude / Projet

20700 Prévision / Statistique / Analyse

20800 Bureautique

20900 Ingénierie d'information

21000 Traitement d'images

21100 EAO

30000 APPLICATION SPECIALISEE

30100 Agriculture

30200 Eaux et Forêts

30300 Pêche

30400 Exploitation minière

30500 Construction

30600 Production

30605 Alimentation

30610 Textile et habillement

30615 Bois, pâte et papier

30620 Publication et impression

30625 Chimie et industries dérivées

30630 Produits en pierre, argile et verre

30635 Produits métalliques

30640 Machines et Matériels

30645 Machines électriques

30650 Matériels de transport

30700 Fourniture électricité/gaz/chauffage/eau

30705 Electricité

30710 Gaz

30715 Fourniture d'eau

30800 Transport / communication

30805 Transport

30810 Communication

30900 Vente / Restaurants et débits

30905 Vente en gros

30910 Vente au détail

30915 Restaurants et débits de boissons

31000 Activités financières et d'assurances

31005 Activités bancaires et fiduciaires

31010 Courtage financier

31015 Assurances

31100 Immobilier

31200 Services

31205 Location

31210 Hôtels et auberges

31215 Radiodiffusion et publicité

31220 Services d'information

31225 Services divers

31230 Médecine, santé et sanitaire

31235 Education et recherche scientifique

31300 Services publics

31400 Loisirs et vie familiale

31500 Autres

40000 MULTIMEDIA / BASES DE DONNES

40100 Reproduction numérique d'œuvre 2 D

40200 Reproduction numérique d'œuvre 3 D

40300 Reproduction numérique d'image animée

40400 Reproduction numérique d'un son

41000 CREATION NUMERIQUE

41100 Création numérique 2 D

41200 Création numérique 3 D

41300 Création d'une image animée

41400 Création numérique d'un son

41500 Création d'une photo numérique

42000 SITE WEB

Agence pour la Protection des Programmes - 249, rue de Crimée - FR 75019 PARIS

Tél +33 (0)1 40 35 03 03 / Fax +33 (0)1 40 38 96 43 - <http://www.app.asso.fr> - app@app.asso.fr

Société des auteurs, éditeurs et producteurs de créations numériques - Organisme de défense professionnelle - Association loi 1901 - Siret : 385 385 844 00027 - APE : 9499Z

Annexe 3 – Description détaillée de pyDBS

PyDBS est un workflow de traitement d'images pour le planning et les évaluations post-opératoires d'interventions chirurgicales en stimulation cérébrale profonde. Le logiciel a été entièrement écrit en langage Python.

Fonctionnement global

PyDBS prend en entrée des données spécifiques à un patient donné telles que les images de sa tête (IRM pour l'image prise lors de l'inclusion, CT pour les images pré-opératoires et post-opératoires), ses données cliniques et des modèles génériques que sont l'atlas anatomique, le modèle du cadre stéréotaxique et le modèle des électrodes implantées. Le logiciel délivre en sortie un modèle spécifique à chaque patient. Ce modèle se compose des images du patient, des structures anatomiques segmentées (masques binaires et maillages correspondants) et des transformations géométriques (les matrices de recalage et les champs de déformation). Toutes les données produites par PyDBS (les images, les masques et les maillages) sont transposées dans un espace commun de référence et elles sont intégrées dans une scène géométrique 3D qui peut être visualisée par le chirurgien dans le logiciel 3D Slicer. L'espace commun de référence adopté est l'espace AC-PC, qui est défini par deux repères anatomiques du cerveau, à savoir la commissure antérieure (AC) et la commissure postérieure (PC).

Interface homme-machine

Le logiciel fournit une interface graphique qui permet d'accéder aux différentes fonctionnalités de PyDBS. Cette interface a été développée à l'aide de la bibliothèque graphique Qt.

Grâce à l'interface, on peut lancer les différents pipelines de PyDBS, à savoir le pipeline d'inclusion, le pipeline pré-opératoire et le pipeline post-opératoire. Il suffit de cliquer sur le bouton **Run pipelines**. La liste de tous les patients contenus dans la base de données de PyDBS apparaît alors. Il suffit de sélectionner le patient avec lequel on souhaite exécuter le pipeline et de cliquer sur le bouton correspondant au pipeline de son choix (**Inclusion**, **Pre-Op**, **Post-Op** ou **All** pour exécuter les 3 pipelines).

On peut également visualiser les maillages des structures anatomiques segmentées en cliquant sur le bouton **Display scene**. On voit alors apparaître la même liste de patients que précédemment. Il suffit de sélectionner le patient et de visualiser la scène générée par les différents pipelines en choisissant **Inclusion**, **Pre-Op**, **Post-Op**. La visualisation des maillages a été réalisée à l'aide de la bibliothèque graphique VTK.

Il est aussi possible d'accéder à toutes les données intégrées dans la base de données de PyDBS en double-cliquant sur un patient présent dans la base de données. Les tables des images, des implantations, des coordonnées des contacts des électrodes, de la courbure d'électrode, des numéros des contacts activés et des scores cliniques du patient sont alors affichées.

L'interface offre aussi la possibilité de créer des atlas anatomo-cliniques en cliquant sur le bouton **Build Atlas**. Ces atlas sont intéressants pour déterminer le site d'implantation optimal des contacts activés des électrodes.

L'interface donne la possibilité d'importer les fichiers DICOM et les scores cliniques relatifs aux patients.

Pipelines

Le workflow de PyDBS se décompose en trois pipelines : le pipeline d'inclusion, le pipeline pré-opératoire et le pipeline post-opératoire. Le pipeline d'inclusion prend en entrée une IRM T1 et une IRM T2 de la tête du patient. L'image T1 est utilisée pour réaliser une segmentation basée sur l'intensité des voxels. Les structures anatomiques segmentées obtenues sont la peau, le cerveau et les sillons corticaux. Une segmentation basée sur la déformation d'un atlas anatomique permet de segmenter les ventricules du cerveau et le ganglion de la base. L'IRM T2 est recalée vers l'espace de référence AC-PC, ce qui permet de mieux visualiser les structures cérébrales profondes. Etant donné que les IRM sont réalisées plusieurs mois avant l'intervention chirurgicale, il n'y a pas de contrainte de temps à respecter pour l'exécution de ce pipeline. Le pipeline pré-opératoire prend en entrée une image CT de la tête du patient fixée au cadre stéréotaxique chirurgicale et un modèle de ce cadre. L'image CT est recalée vers l'espace de référence AC-PC. Cette image permet de segmenter le crâne du patient et de détecter le cadre stéréotaxique. La détection du cadre est utilisée pour calculer la transformation permettant de passer de l'espace du cadre à l'espace de référence AC-PC. L'image pré-opératoire CT étant acquise lors du jour de l'intervention, le temps d'exécution de ce pipeline doit être minimal pour limiter l'impact sur le temps de l'intervention chirurgicale. Le pipeline post-opératoire prend en entrée l'image CT post-opératoire de la tête du patient et un modèle géométrique des électrodes implantées. L'image CT est recalée vers l'espace de référence et les électrodes sont détectées sur l'image. Le modèle géométrique des électrodes est alors adapté pour correspondre aux électrodes détectées, ce qui permet de localiser les contacts des électrodes implantées. Lors de l'exécution de ce pipeline, la courbure moyenne des électrodes implantées est calculée et stockée dans la base de données de PyDBS. Les pipelines doivent être exécutés dans un ordre précis en raison de dépendances qui existent entre eux. En premier, on doit exécuter le pipeline inclusion. Ensuite, on peut lancer le pipeline pré-opératoire et enfin, on peut exécuter le pipeline post-opératoire.

Importation des données

Les données spécifiques aux patients sont gérées par une base de données relationnelle. Une procédure automatique d'importation permet d'intégrer dans la base de données les données relatives aux images, qui sont extraites directement à partir du dossier ou cd-rom contenant les fichiers au format DICOM. Les données extraites sont la modalité de l'image, la taille du volume et le type de la séquence. Lors de l'importation, les fichiers DICOM sont convertis au format NIFTI. Les fichiers DICOM et les fichiers NIFTI sont stockés dans deux répertoires situés à un endroit prédéfini du système et ils sont référencés dans la base de données. Les données cliniques du patient requises comme la cible d'implantation, la latéralité et le type d'électrode sont importées automatiquement si elles se trouvent déjà dans une table de la base de données. Dans le cas contraire, l'utilisateur doit les préciser lors de l'exécution du pipeline. D'autres données cliniques peuvent être importées dans la base de données comme par exemple, les scores cliniques. Toutes les données stockées dans la base de données sont facilement accessibles à partir d'une interface web développée dans PyDBS.

Exécution des pipelines

Le pipeline peut être exécuté à partir d'une simple ligne de commande spécifiant en paramètres le type de pipeline (inclusion, pré-opératoire ou post-opératoire) et le code d'identification relatif au patient que l'on veut traiter. Le pipeline peut également être lancé à partir de l'interface graphique. Le code d'identification du patient est généré automatiquement lors de l'importation des images.

DICOM. Il est possible de trouver ce code dans l'interface web et dans l'interface graphique. Lors du lancement de l'exécution d'un pipeline, l'utilisateur doit sélectionner les images du patient à prendre en compte parmi les images stockées dans la base de données. Une fois que l'on a précisé ces informations, le pipeline est exécuté sans plus nécessiter d'interaction de l'utilisateur, hormis pour la détection des points AC-PC lors de l'exécution du pipeline d'inclusion. A la fin de l'exécution d'un pipeline, tous ses résultats (les images, les masques, les maillages et les transformations géométriques) sont stockés dans un dossier situé à un endroit prédéfini du système. Un fichier comportant la description d'une scène est également généré. Ce fichier définit une scène 3D géométrique en langage MRML et il recense toutes les structures anatomiques segmentées ainsi que les transformations géométriques utilisées. Grâce à cette scène, les résultats peuvent être facilement visualisés par le neurochirurgien à l'aide du logiciel 3D Slicer.

Atlas anatomo-cliniques

Les atlas anatomo-cliniques sont des cartes qui mettent en relation la position des contacts activés des électrodes et les scores cliniques des patients. Les scores cliniques peuvent être moteurs ou neuropsychologiques. Ces atlas permettent de trouver le site optimal de stimulation pour les cibles d'implantation des électrodes et de mieux comprendre le phénomène. Il existe deux types d'atlas : les atlas probabilistes et les atlas statistiques. Les atlas peuvent porter uniquement sur un seul score, dans ce cas, ils sont monoscores. Lorsqu'ils prennent en compte plusieurs scores, ils sont multiscores. Sur ces cartes, on prend en considération l'évolution du score, c'est-à-dire la différence entre le score relevé après l'implantation d'électrodes et le score pris avant l'intervention. PyDBS génère une scène MRML (Medical Reality Markup Language), qui peut être visualisée dans 3D Slicer. Cette scène regroupe les cartes de scores, les maillages des structures anatomiques de l'atlas anatomique et l'IRM de cet atlas, ce qui permet de superposer la carte de scores avec l'atlas anatomique. Les scènes sont stockées dans un dossier situé à un endroit prédéfini du système. L'interface graphique de PyDBS permet de sélectionner les patients à prendre en compte dans la construction de l'atlas ainsi que de choisir la maladie, la cible d'implantation, la phase, le critère d'inclusion pour les atlas probabilistes et les poids des scores pour les atlas statistiques multiscores. Dans un fichier texte sont recensés tous les paramètres ainsi que les identifiants des patients pris en compte pour la construction de l'atlas. Ce fichier est stocké dans un dossier situé à un endroit prédéfini du système.

Modules développés dans 3D Slicer

3 plugins ont été développés dans le logiciel de visualisation 3D Slicer. Le module **Inclusion Trajectory** permet au chirurgien de définir la trajectoire d'implantation en choisissant le point d'entrée et la cible sur les IRM. Ce module est disponible dans la scène d'inclusion. Les coordonnées définies dans le repère de référence AC-PC peuvent être converties dans le repère du cadre stéréotaxique par le logiciel et le module **Leksell Trajectory** permet de visualiser cette trajectoire exprimée dans le repère du cadre stéréotaxique. Il est possible de faire varier les coordonnées et de sélectionner la position de l'électrode. Ce module est accessible à partir de la scène pré-opératoire. Le module **Stimulation** offre la possibilité de calculer le volume impacté lors de la stimulation. Il est disponible en ouvrant la scène post-opératoire.